

पौधों में जल हानि

किशोर पंवार

पौधों में जल की हानि कैसे होती है? वाष्पोत्सर्जन और बिन्दुस्राव में क्या अन्तर होता है? क्या पौधे इन प्रक्रियाओं का नियमन कर सकते हैं? ये प्रक्रियाएँ पौधे की जीवन क्रियाओं को कैसे प्रभावित करती हैं?

यद्यपि अधिकांश स्थलीय पौधे मिट्टी से बड़ी मात्रा में जल सोखते हैं, इस जल का केवल एक छोटा अंश ही उनकी वृद्धि और विकास के लिए उपयोग में लाया जाता है। शेष जल पौधे के वायवीय अंगों से निकलकर पर्यावरण में चला जाता है। जल की यह हानि दो प्रक्रियाओं वाष्पोत्सर्जन (Transpiration) तथा बिन्दुस्राव (Guttation) के माध्यम से होती है। पत्तियाँ इन दोनों प्रक्रियाओं में महत्त्वपूर्ण भूमिका निभाती हैं।

वाष्पोत्सर्जन

वाष्पोत्सर्जन उस प्रक्रिया को कहते हैं जिसमें पौधे की जड़ों के द्वारा सोखा गया लगभग 80-90 प्रतिशत जल वाष्प बनकर पौधे के वायवीय अंगों पर स्थित रन्ध्र (Stomata) नामक विशिष्ट छिद्रों से निकल जाता है (देखें **बॉक्स-1**)। यद्यपि रन्ध्रों की संख्या, साइज़ और वितरण में काफ़ी अन्तर हो सकता है, लेकिन वे सबसे अधिक संख्या में पत्तियों पर पाए जाते हैं।

जल की हानि की दर और मात्रा का नियमन दिन के किसी समय गैस विनिमय हेतु खुले हुए रन्ध्रों की संख्या के द्वारा होता है। इसका तात्पर्य यह होता है कि दिन में, सूर्य के प्रकाश की उपस्थिति में वाष्पोत्सर्जन की दर सबसे अधिक होती है। इसका यह भी तात्पर्य है कि इस जल हानि का अधिकांश भाग पत्तियों के माध्यम से होता है। पत्ती की संरचना के कारण पौधे की स्थिति 'इधर खाई और उधर कुआँ' जैसी हो जाती है। एक ओर, पत्ती पर रन्ध्रों की अधिक संख्या के कारण वाष्पोत्सर्जन के माध्यम से जल की अपरिहार्य हानि होती है (देखें **बॉक्स-2**)। वहीं, दूसरी ओर, रन्ध्र और पत्ती के भीतर

बॉक्स-1 : रन्ध्र (Stomata) क्या होते हैं?

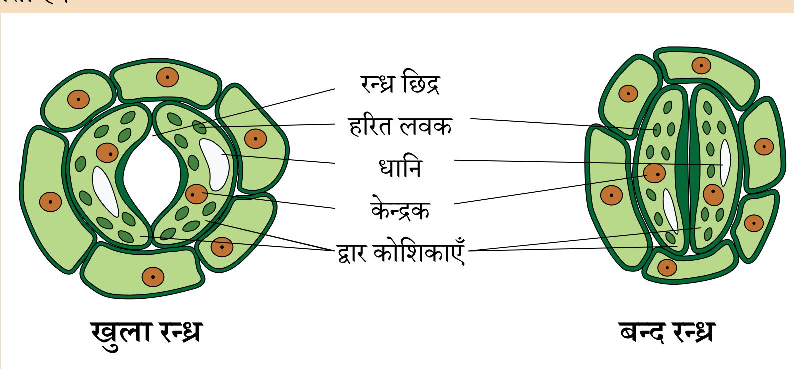
रन्ध्र पौधे के तने, पत्तियों तथा फूलों की बाहरी सतह पर पाए जाते हैं। प्रत्येक रन्ध्र की संरचना निम्नानुसार होती है :

(क) एक छिद्र जिसमें से पौधे और उसके पर्यावरण के बीच गैसों (जैसे जल वाष्प, ऑक्सीजन तथा कार्बन-डाईऑक्साइड) का आदान-प्रदान होता है।

(ख) दो विशिष्टीकृत अधिचर्म (Epidermis) कोशिकाएँ जो छिद्र के इर्द-गिर्द स्थित होती हैं और उसके खुलने तथा बन्द होने का नियमन करती हैं। इन कोशिकाओं को **द्वार कोशिकाएँ (Guard cells)** कहते हैं। जब जल भर जाने के कारण कोशिकाएँ तन जाती हैं तब वे खिंचकर छिद्र से दूर हो जाती हैं और उसे गैस विनिमय के लिए खोल देती हैं। जब यह कोशिकाएँ शिथिल हो जाती हैं तब रन्ध्र बन्द हो जाता है।

(ग) **अधोरन्ध्र गुहा (Substomatal cavity)** या **श्वसन प्रकोष्ठ (Respiratory chamber)**। इस गुहा के कारण पौधे के आन्तरिक ऊतकों और उसके बाहरी पर्यावरण के बीच ऑक्सीजन, कार्बन-डाईऑक्साइड तथा जल वाष्प का विनिमय तेज़ी से हो पाता है।

जहाँ प्रकाश की कुछ तरंग-दैर्ध्यों के प्रभाव से रन्ध्र खुल जाते हैं, वहीं जल संकट, उच्च तापमान और कार्बन-डाईऑक्साइड की उच्च सान्द्रता के प्रभाव से रन्ध्र बन्द हो सकते हैं। उदाहरण के लिए, सूर्य के प्रकाश के प्रभाव से अधिकांश पौधों के रन्ध्र दिन के समय पूरी तरह खुल जाते हैं और इसके कारण प्रकाश संश्लेषण के लिए आवश्यक कार्बन-डाईऑक्साइड का अन्तर्ग्रहण सुगम हो जाता है। सूर्य के प्रकाश की अनुपस्थिति में रन्ध्र बन्द हो जाते हैं और इसके कारण वाष्पोत्सर्जन से होने वाली जल हानि कम हो जाती है। इसी कारण से आमतौर पर माना जाता है कि रात के समय रन्ध्र पूरी तरह बन्द रहते हैं। यदि ऐसा होता तो पौधे श्वसन कर ही नहीं पाते। किन्तु हम जानते हैं कि प्रकाश संश्लेषण के विपरीत पौधे सूर्य के प्रकाश के अभाव में भी श्वसन करते रहते हैं। यह कैसे हो पाता है? रात के समय में आंशिक रूप से खुले रन्ध्रों के माध्यम से पौधे बहुत धीमी दर से श्वसन करते हैं। काष्ठीय पौधों तथा पेड़ों में गैस विनिमय अनेक विशिष्ट, उभरे हुए वातरन्ध्र (Lenticel) नामक छिद्रों से भी होता है जो उनकी छाल पर पाए जाते हैं। एक रोचक तथ्य यह है कि कुछ गूदेदार पौधों के रन्ध्र **(तिमिरसक्रिय रन्ध्र, Scotoactive stomata)** रात के समय पूरी तरह खुले रहते हैं और दिन के समय अधिकांशतः बन्द रहते हैं। इन पौधों में प्रकाश संश्लेषण के लिए आवश्यक कार्बन-डाईऑक्साइड रात के समय अवशोषित कर ली जाती है। इसे कार्बनिक अम्लों में परिवर्तित करके धानियों में संग्रहित कर लिया जाता है और फिर दिन के समय प्रकाश संश्लेषण के लिए उपयोग में लाया जाता है। इससे गर्म और शुष्क जलवायु में पाए जाने वाले गूदेदार पौधों में वाष्पोत्सर्जन से होने वाली जल हानि की मात्रा कम हो जाती है।



द्वार कोशिकाएँ रन्ध्र के खुलने और बन्द होने को नियंत्रित करती हैं।

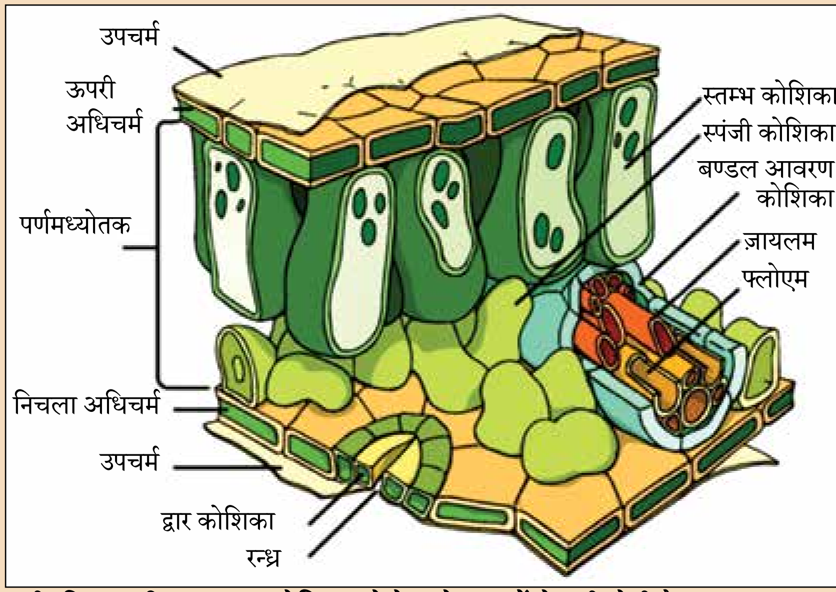
स्थित अन्तरकोशिकीय अवकाश और वायु कोटर मिलकर प्रकाश संश्लेषण तथा श्वसन के लिए आवश्यक गैसों (ऑक्सीजन तथा कार्बन-डाइआक्साइड) के आदान-प्रदान को सुगम बनाते हैं। अर्थात रन्ध्रों के बन्द होने से वाष्पोत्सर्जन के कारण होने वाली जल हानि सीमित हो सकती है, किन्तु इससे गैसों के विनिमय में अवरोध के कारण प्रकाश संश्लेषण की दर और श्वसन की दर पर विपरीत प्रभाव पड़ सकता है।

वाष्पोत्सर्जन से पौधे का कामकाज किस प्रकार प्रभावित होता है? यह पत्तियों के

बॉक्स-2 : पत्तियों में वाष्पोत्सर्जन कैसे होता है?

पत्ती को तने के एक पार्श्वीय, चपटे, पतले और प्रायः हरे उपांग के रूप में परिभाषित किया जाता है जिसमें निम्नलिखित स्तर होते हैं :

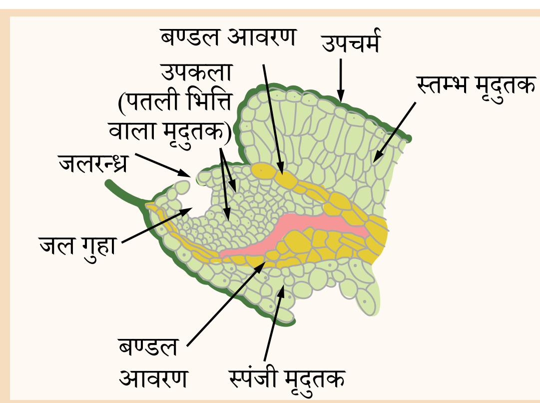
- पत्ती की ऊपरी और निचली सतहों पर सबसे बाहर के स्तर को **उपचर्म (Cuticle)** कहते हैं। यह स्तर **क्यूटिन** नामक एक मोमी तथा लगभग पूरी तरह जलरोधी पदार्थ से बना होता है।
- उपचर्म के नीचे का स्तर **अधिचर्म (Epidermis)** होता है जो अधिचर्म कोशिकाओं के एक स्तर से बना होता है। किन्तु बहुत गर्म या बहुत ठण्डी परिस्थितियों में रहने वाले पौधों में अधिचर्म कोशिकाओं के एक-से अधिक स्तर हो सकते हैं। अधिचर्म का प्रमुख कार्य संक्रमण से पौधे की सुरक्षा करना होता है। इसी स्तर में रन्ध्र भी स्थित होते हैं। द्विबीजपत्री पौधों की पत्तियों की निचली सतह पर रन्ध्र अधिक संख्या में पाए जाते हैं और एकबीजपत्री पौधों की पत्तियों की दोनों सतहों पर रन्ध्रों की संख्या लगभग बराबर होती है।
- ऊपरी तथा निचले अधिचर्म के बीच में पाए जाने वाले हरे रंग के ऊतक को **पर्णमध्योतक (Mesophyll)** कहते हैं। यह स्तर दो प्रकार की कोशिकाओं — **स्तम्भ मृदुतक (Pallisade parenchyma)** तथा **स्पंजी मृदुतक (Spongy parenchyma)** से बना होता है। स्तम्भ ऊतक सघन कोशिकाओं का स्तर होता है जिसमें अन्तरकोशिकीय अवकाश नहीं होते। इसका प्रमुख कार्य प्रकाश संश्लेषण होता है। स्पंजी ऊतक अनियमित आकृति वाली कोशिकाओं से बना होता है जिनके बीच में अनेक अन्तरकोशिकीय अवकाश तथा वायु कोटर होते हैं जो अधिचर्म में स्थित अधोरन्ध्र गुहाओं से जुड़े होते हैं। इस स्तर का प्रमुख कार्य गैसों, शर्कराओं तथा अमीनो अम्लों का संग्रहण होता है।
- पत्ती की शिरा प्रकाश संश्लेषक कोशिकाओं के सघन आवरण से बनी होती है जिसके भीतर **ज़ायलम वाहिकाएँ (Vessels)** और **फ्लोएम नलिकाएँ (Tubes)** मिलकर एक संरचना का निर्माण करती हैं जिसे **संवहन बण्डल (Vascular bundle)** कहते हैं। ज़ायलम वाहिकाएँ **ज़ायलम रस (Xylem sap)** (जल तथा उसमे घुलित खनिज) को मिट्टी से पत्तियों तक लाती हैं जबकि फ्लोएम नलिकाएँ शर्कराओं, अमीनो अम्लों तथा कुछ हॉरमोन्स को पत्तियों से पौधे के अन्य भागों तक पहुँचाती हैं।



पत्ती की आन्तरिक संरचना कोशिकाओं के अनेक स्तरों से बनी होती है।

बॉक्स-3 : जलरन्ध्र क्या होते हैं?

जलरन्ध्र पत्ती के अधिचर्म में एक छिद्र होता है जो उपचर्म के द्वारा आच्छादित नहीं होता है और इसके निकट अधिचर्म में एक गुहा होती है जो अधोरन्ध्र गुहा के समान होती है। जलरन्ध्र रन्ध्रों से साइज़ में बड़े होते हैं और पूरे समय खुले रहते हैं। जलरन्ध्र टमाटर, जलकुम्भी, गुलाब, स्ट्रॉबेरी और अनेक घास की पत्तियों के किनारों और सिरों पर पाए जाते हैं।



जलरन्ध्र वे छिद्र होते हैं जो उपचर्म से आच्छादित नहीं होते और जो पत्तियों के सिरों तथा किनारों पर पाए जाते हैं।

बॉक्स-4 : ओस और बिन्दुस्राव के बीच अन्तर कैसे पता करें?

चूँकि बिन्दुस्राव रात में और प्रातः होता है, उसे प्रायः त्रुटिवश ओस मान लिया जाता है।

इनमें दो महत्त्वपूर्ण अन्तर निम्नानुसार हैं :

1. ओस की बूँदें साइज़ में छोटी होती हैं और पत्तियों तथा पौधे की खुली सतह पर सर्वत्र वितरित होती हैं। जबकि बिन्दुस्राव की बूँदें बड़ी होती हैं और पत्तियों के केवल सिरों तथा किनारों से स्रावित होती हैं।
2. ओस की बूँदें वातावरण में स्थित वह जल होता है जो ठण्डी सतह पर संघनित हो जाता है। बिन्दुस्राव पौधे के भीतर स्रावित ज़ायलम रस होता है।



बाल्सम की पत्ती से बिन्दुस्राव के द्वारा ज़ायलम रस का स्राव

भीतर वाष्पोत्सर्जन खिंचाव (Transpiration pull) नामक एक ऋणात्मक जल दाब प्रवणता बनाता है। यह प्रवणता ज़ायलम रस को जड़ों से पत्तियों की ओर खींचती है जहाँ इसका उपयोग प्रकाश संश्लेषण के लिए किया जाता है। इसके साथ ही, मिट्टी में स्थित जल जड़ों में खिंचता है। दूसरे शब्दों में, वाष्पोत्सर्जन के कारण ही जड़ों द्वारा अवशोषित जल बहुत ऊँचे पेड़ों के सिरे तक पहुँच पाता है। इस प्रक्रिया से पत्तियों की सतह का तापमान भी कम हो जाता है जो प्रकाश संश्लेषण जैसी चयापचयी गतिविधियों के सुचारू संचालन के लिए लगभग इष्टतम होता है।

पत्तियों से वाष्पोत्सर्जन दो चरणों में होता है :

1. मध्योतक कोशिकाओं से जल का विसरण अन्तरकोशिकीय अवकाशों, वायु कोटरों और अधोरन्ध्र गुहाओं में होता है। हम जानते हैं कि जड़ों द्वारा अवशोषित जल ज़ायलम वाहिकाओं के एक महीन जालक के माध्यम से पत्तियों तक पहुँचता है। मध्योतक कोशिकाओं के फूल जाने पर कुछ जल वाष्प के रूप में अन्तरकोशिकीय अवकाशों में विसरित हो जाता है।
2. जल वाष्प का अन्तरकोशिकीय अवकाशों, वायु गुहाओं तथा मध्योतक में स्थित अधोरन्ध्र कोष्ठों से बाहरी वातावरण में विसरण : जब अन्तरकोशिकीय अवकाश तथा मध्योतक में स्थित वायु कोटर जल वाष्प से सन्तृप्त हो जाते हैं तब पत्ती के भीतर का वाष्पदाब बाहरी वातावरण के वाष्पदाब से अधिक हो जाता है। इस प्रक्रिया की गति इस पर निर्भर करती है कि बाहरी वातावरण कितना गर्म और शुष्क है। यह जितना अधिक गर्म और शुष्क होता है उतनी जल्दी पत्ती के भीतर का वाष्पदाब उसके वातावरण के वाष्पदाब से अधिक हो जाता है। दाब में इस अन्तर के कारण जल वाष्प रन्ध्रों में से होकर वातावरण में विसरित होने लगती है। यह प्रक्रिया तब तक जारी रहती है जब तक पत्ती के भीतर और बाहर के वाष्पदाब में साम्यावस्था स्थापित नहीं हो जाती। साम्यावस्था तक पहुँचने की गति इस पर निर्भर करती है कि पौधे के बाहर का वातावरण कितना नम है। वातावरण जितना अधिक नम होता है उतनी जल्दी साम्यावस्था स्थापित हो जाती है।

बिन्दुस्राव

बिन्दुस्राव वह प्रक्रिया है जिसमें पौधा अतिरिक्त जल को ज़ायलम रस के रूप में **जल रन्ध्र (hydathodes)** नामक विशिष्ट छिद्रों से उत्सर्जित करता है (देखें **बॉक्स-3**)।

बिन्दुस्राव उन परिस्थितियों में होता है जहाँ मिट्टी गर्म होती है, जल का अन्तरग्रहण अत्यधिक होता है किन्तु नमी के कारण वाष्पोत्सर्जन सीमित होता है। वाष्पोत्सर्जन के विपरीत, यह प्रक्रिया प्रायः रात में या प्रातः जल्दी होती है (देखें **बॉक्स-4**)। जड़ों के द्वारा एक धनात्मक जल दाब प्रवणता का निर्माण किया जाता है जिसके प्रभाव से ज़ायलम रस पत्तियों तक पहुँचता है। संवहन बण्डल में स्थित ज़ायलम वाहिकाओं के द्वारा यह रस निकटस्थ गुहा में छोड़ दिया दिया जाता है। जब यह गुहा पूरी तरह भर जाती है तब यह रस पत्तियों में से स्रावित कर दिया जाता है। कभी-कभी इस रस के सूखने पर पत्तियों पर एक सफ़ेद पपड़ी दिखाई देती है। इस प्रकार, बिन्दुस्राव जड़ों के दाब का प्रत्यक्ष प्रमाण प्रस्तुत करता है।

बिन्दुस्राव पौधे के कामकाज को कैसे प्रभावित करता है? इस प्रक्रिया के कारण ही जड़ों में निम्न जल विभव बना रहता है जिसके कारण वे मिट्टी से जल और उसमें घुले हुए खनिजों को सोख पाते हैं। किन्तु वाष्पोत्सर्जन के विपरीत, इस प्रक्रिया का पत्ती की सतह के तापमान पर कोई प्रभाव नहीं होता।

मुख्य बिन्दु



- पौधों में उनकी जड़ों द्वारा अवशोषित अधिकांश जल की हानि वाष्पोत्सर्जन तथा बिन्दुस्राव से होती है।
- वाष्पोत्सर्जन जल की वह हानि है जो पौधे के वायवीय भागों पर स्थित रन्ध्रों से जल वाष्प के रूप में होती है। दिन में वाष्पोत्सर्जन की दर अधिक होती है और यह अधिकतर पत्तियों से होता है।
- ज़ायलम रस के रूप में पत्तियों के सिरों तथा किनारों पर स्थित जलरन्ध्रों के माध्यम से होने वाली अनियंत्रित जल की हानि बिन्दुस्राव है। बिन्दुस्राव की उच्चतम दर रात में तथा प्रातः होती है।

Notes:

1. More details about measuring transpiration rate using a low-cost potometer can be found in another article ('My experiences with a Potometer') by the same author in the June 2021 issue of iwonder... (URL: http://publications.azimpremjifoundation.org/2848/), and the recording of an online discussion ('Experiences with a Potometer') with him (URL: https://www.youtube.com/watch?v=FzH43W89E2g).
2. Source of the image used in the background of the article title: Guttation on a rose leaf. Credits: Buntysmum, Pixabay. URL: https://pixabay.com/photos/leaf-foliage-rose-plant-dew-drops-5257161/. License: CC0.



किशोर पंवार होलकर विज्ञान महाविद्यालय, इन्दौर से सेवानिवृत्त वनस्पति विज्ञान के प्राध्यापक हैं। उनकी रुचि तथा कार्यक्षेत्र पर्यावरण विज्ञान है। डॉ. पंवार शिक्षक प्रशिक्षण में सक्रिय रूप से भाग लेते हैं। उन्होंने शिक्षकों तथा विद्यार्थियों के लिए अनेक सुगम वैज्ञानिक प्रयोग विकसित किए हैं। उन्होंने लोक विज्ञान पर छह पुस्तकें लिखी हैं। उनके लेख विभिन्न पत्रिकाओं तथा समाचार पत्रों में प्रकाशित होते रहते हैं। उनसे kishore.panwar@gmail.com पर सम्पर्क किया जा सकता है।

अनुवाद : अमेय कान्त **पुनरीक्षण :** सुशील जोशी **कॉपी एडिटर :** अनुज उपाध्याय